

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-100712
(43)Date of publication of application : 23.04.1993

(51) Int.Cl. G05B 13/02

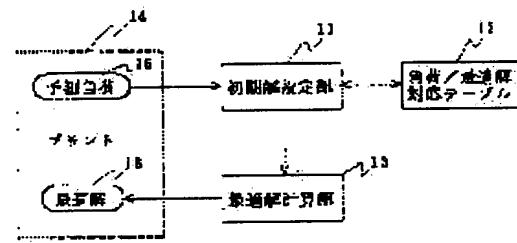
(21)Application number : 03-259385 (71)Applicant : TOSHIBA CORP
(22)Date of filing : 07.10.1991 (72)Inventor : NAGAO KAZUE
HARUKI KAZUHITO

(54) OPTIMUM OPERATION SCHEDULING DEVICE FOR PLANT

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide the optimum operation scheduling device of a plant capable of executing calculation for obtaining the optimum solution of each component machine of the plant provided with an optimum solution calculating means to calculate the optimum solution of each component machine from predictive load and an arbitrary initial solution in a short time.

CONSTITUTION: The optimum operation scheduling of the plant is executed by providing a load/optimum operation correspondence table 12 in which the optimum operation state of each component machine of the plant for prescribed load is stored, and an initial solution setting part 11 which retrieves the operation output value of each component machine from the load/optimum operation correspondence table 12 based on the predictive load 15, and sets the operation output value as the initial solution value of an optimum solution calculating part 13 to calculate the optimum solution 16 of each component machine.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

English Translation of the Relevant Parts

Japanese Unexamined Patent Publication No. 5-100712

[0008]

[Means to Solve the Problems]

According to the present invention, in an optimal operation scheduling apparatus for a plant including an optimal solution computing means for computing an optimal solution for each configuring element based on a prediction load and an arbitrary initial solution, the optimal operation scheduling apparatus includes: an optimal operation status storing means for storing an optimal operation status of each configuring element for a predetermined load; and an initial solution setting means for searching an optimal operation value of each configuring element stored in the optimal operation status storing means, and setting the optimal operation value as an initial solution for the optimal solution computing means.

[0009]

[Operation]

According to the present invention, in the optimal operation scheduling apparatus for a plant including the optimal solution computing means for computing an optimal solution for each configuring element based on a prediction load and an arbitrary initial solution, the optimal operation scheduling apparatus includes the optimal operation status storing means for storing an optimal operation status of each configuring element for a predetermined load, searches the optimal operation value of the each configuring element stored in the optimal operation status storing means, and sets the optimal operation value as the initial resolution for the optimal solution computing means. Accordingly, since the

initial solution is set adjacent to the desired optimal solution, it is possible to obtain the optimal solution for the each configuring element with less number of repeated operations in a shorter time.

[0033]

[Effect of the Invention]

As has been explained, according to the present invention, in the optimal operation scheduling apparatus for the plant including the optimal solution computing means for computing the optimal solution for each configuring element based on the prediction load and an arbitrary initial solution, the optimal operation status storing means for storing the optimal operation status of the each configuring element for the predetermined load is provided, and an operation output value of the each configuring element is searched from the optimal operation status storing means based on the prediction load, and the operation output value is set as the initial solution of the optimal solution computing means. Accordingly, the computing time for the optimal solution can be reduced, so that the optimal operation can be performed promptly according to update of the prediction load, and therefore, the plant can be efficiently operated.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-100712

(43)公開日 平成5年(1993)4月23日

(51)Int.Cl.
G 0 5 B 13/02

識別記号 庁内整理番号
J 9131-3H
L 9131-3H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全13頁)

(21)出願番号

特願平3-259385

(22)出願日

平成3年(1991)10月7日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 長尾 加寿恵

神奈川県川崎市幸区柳町70 株式会社東芝
柳町工場内

(72)発明者 春木 和仁

神奈川県川崎市幸区柳町70 株式会社東芝
柳町工場内

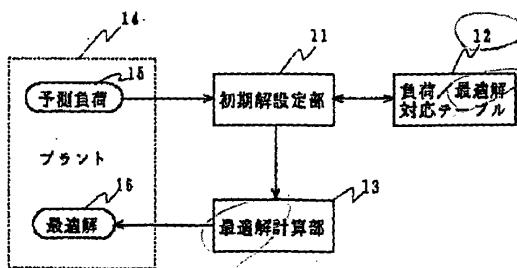
(74)代理人 弁理士 木村 高久

(54)【発明の名称】 プラントの最適運転スケジューリング装置

(57)【要約】

【目的】予測負荷及び任意の初期解から各構成機器の最適解を計算する最適解計算手段を具備したプラントの各構成機器の最適解を求める計算を短時間で行えるプラントの最適運転スケジューリング装置を提供する。

【構成】所定の負荷に対する前記プラントの各構成機器の最適運転状態を記憶した負荷／最適解対応テーブル12と、予測負荷15を基に前記負荷／最適解対応テーブル12から前記各構成機器の運転出力値を検索し、該運転出力値を、各構成機器の最適解を計算する最適解計算部13の初期解として設定する初期解設定部11とを具備してプラントの最適運転スケジューリングを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】予測負荷及び任意の初期解から各構成機器の最適解を計算する最適解計算手段を具備したプラントの最適運転スケジューリング装置において、所定の負荷に対する前記各構成機器の最適運転状態を記憶した最適運転状態記憶手段と、予測負荷を基に前記最適運転状態記憶手段に記憶されている前記各構成機器の最適運転値を検索し、該最適運転値を前記最適解計算手段の初期解として設定する初期解設定手段と、を具備することを特徴とするプラントの最適運転スケジューリング装置。

【請求項2】前記最適運転状態記憶手段及び初期解設定手段を、負荷に対するプラントの最適運転状態を学習したニューラルネットワークにより構成することを特徴とする前記請求項1記載のプラントの最適運転スケジューリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、プラントの予測負荷から最適運転スケジュールを決定する時に、各構成機器の効率が運転出力により変化し、前記最適運転スケジュールの解法が繰り返し計算となるプラントの最適運転スケジューリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、予測負荷に対するプラントの最適運転のスケジューリング装置において、各構成機器の効率は該構成機器の運転出力によって異なるため、すなわち各構成機器の運転出力と該構成機器の効率の関係が非線形であるため、一度に最適運転のための各構成機器の最適解を求めることができなかった。

【0003】このため、従来のプラントの最適運転スケジューリング装置では、初期解を任意に設定し、繰り返し計算によって最適解を求めていた。

【0004】図10は、従来のプラントの最適運転スケジューリング装置の構成ブロック図である。図10のプラントの最適運転スケジューリング装置は、プラント94の各構成機器の予測負荷95、及び初期解設定部91において設定される任意の初期解をもとに、最適解計算部93が繰り返し計算を行って最適解を求め、該最適解をプラントの各構成機器に与えるものである。

【0005】ところで、本来、最適運転のスケジューリングは、負荷の予測の更新に応じて迅速に行う必要があり、より短時間で最適解が求められるようなものでなくてはならない。すなわち、予測負荷をもとに、短時間で最適解を得ることにより、プラントの各構成機器をより緻密に運転することにより、全体プラントを効率的に運用することができるしかし、図10のような、従来のプラントの最適運転スケジューリング装置においては、機器の運転出力と該機器の効率の関係が非線形であるた

め、スケジュールの解法が繰り返し計算となり、しかも、最適解計算部93の行う計算に必要な初期解は任意であることから、最適解を求める該計算の時間が長くなる場合があり、プラントの効率的運用ができない場合が生じるという問題点があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、従来、プラントを構成する各機器の効率が運転出力によって変化するプラントの最適運転スケジューリング装置において、前記プラントを構成する各機器運転の最適解計算に必要な初期解が任意であったため、該最適解の計算に時間がかかる場合があり、結果としてプラントの効率的運用がなされない場合が生ずるという問題点があつた。

【0007】そこで、本発明は、かかる問題点を除去し、各構成機器の最適解を求める計算を短時間で行えるプラントの最適運転スケジューリング装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、予測負荷及び任意の初期解から各構成機器の最適解を計算する最適解計算手段を具備したプラントの最適運転スケジューリング装置において、所定の負荷に対する前記各構成機器の最適運転状態を記憶した最適運転状態記憶手段と、予測負荷を基に前記最適運転状態記憶手段に記憶されている前記各構成機器の最適運転値を検索し、該最適運転値を前記最適解計算手段の初期解として設定する初期解設定手段とを具備することを特徴とする。

【0009】

【作用】本発明は、予測負荷及び任意の初期解から各構成機器の最適解を計算する最適解計算手段を具備したプラントの最適運転スケジューリング装置において、所定の負荷に対する前記各構成機器の最適運転状態を記憶した最適運転状態記憶手段を有し、予測負荷を基に前記最適運転状態記憶手段に記憶されている前記各構成機器の最適運転値を検索し、該最適運転値を前記最適解計算手段の初期解として設定することにより、初期解が、求める最適解の近くに設定されるため、少ない繰り返し回数、短い時間で前記各構成機器の最適解を求めることができる。

【0010】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の一実施例について説明する。

【0011】図1は、本発明による一実施例であるプラントの最適運転スケジューリング装置の概要構成ブロック図である。図1の最適運転スケジューリング装置は、予め対象プラント14の種々の負荷に対する、プラントを構成する各構成機器運転の最適解の計算結果を求め、負荷と最適解の対応が記憶されている負荷／最適解対応テーブル12と、プラントの予測負荷15をもとに前記

負荷／最適解対応テーブル12を検索して最適解に近い初期値を設定する初期解設定部11と、前記初期解設定部11で設定された初期解をもとにプラント14の各構成機器運転の最適解16を求める計算を行う最適解計算部13から構成される。

【0012】さて、図2は、都市の集中冷暖房プラントの構成ブロック図である。図2は、図1のプラント14の具体例である。図2のプラントは、いわゆるコジェネレーションシステムであり、熱効率の向上によりエネルギーの効率的利用を図るものである。入力されるエネルギーはガス入力11、12のガス及び買電入力13の電気である。また、出力負荷としては、一般蒸気負荷L1、冷水負荷L2、温水負荷L3、一般電力負荷L4である。すなわち、入力されるガス及び電気のエネルギーは、コジェネレータ20、排熱回収ボイラ21、補助ボイラ22、吸収冷凍機23、ターボ冷凍機24及びヒートポンプ25の各構成機器が稼働してエネルギー変換さ

$$\begin{aligned} \text{コスト} &= (\text{コジェネレータ入力} \times \text{ガス単価}) \\ &\quad + (\text{補助ボイラ入力} \times \text{ガス単価}) \\ &\quad + (\text{買電入力} \times \text{電力単価}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{一般蒸気負荷} &+ (\text{冷水負荷} / \text{吸収冷凍機熱効率}) \\ &+ (\text{一般電力負荷} \times \text{ターボ冷凍機熱効率} / \text{吸収冷凍機熱効率}) \\ &+ (\text{温水負荷} \times \text{ターボ冷凍機熱効率}) \\ &\quad / (\text{ヒートポンプ熱効率} \times \text{吸収冷凍機熱効率}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (\text{コジェネレータ入力} \times \text{排熱回収効率}) \\ &\quad + (\text{補助ボイラ入力} \times \text{補助ボイラ熱効率}) \\ &\quad + (\text{買電入力} \times \text{ターボ冷凍機熱効率} / \text{吸収冷凍機熱効率}) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{一般蒸気負荷} &\leq (\text{コジェネレータ入力} \times \text{排熱回収効率}) \\ &\quad + (\text{補助ボイラ入力} \times \text{補助ボイラ熱効率}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{一般電力負荷} &+ (\text{温水負荷} / \text{ヒートポンプ熱効率}) \\ &\leq (\text{コジェネレータ入力} \times \text{発電効率}) \\ &\quad + \text{買電入力} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、各構成機器の効率、すなわち吸収冷凍機熱効率、ターボ冷凍機熱効率、ヒートポンプ熱効率、排熱回収効率、補助ボイラ熱効率及び発電効率を、ある値と仮定すれば、線形計画法などにより容易に運転スケジュールの最適解が求められる。しかし、コジェネレータ、補助ボイラ、吸収冷凍機、ターボ冷凍機及びヒートポンプは、その運転量によって効率が異なる。そのため、求められた前記最適解における効率が、仮定した値と異なれば、求められた前記最適解は最適解ではない。このため、図1における最適解計算部13は、繰り返し計算を行うこととなる。

れ、負荷L1～L4に対し出力される。

【0013】図3は、図2における各負荷の需要予測を示す図である。図2のプラントの出力負荷である一般蒸気負荷、冷水負荷、温水負荷及び一般電力負荷における一日の熱量変化(a)～(d)はそれぞれ異なっている。このような需要予測に対して、入力されるガス、電気等のエネルギー使用コストが低くなるように、前記図2における各構成機器21～25の運転量、ガス及び電気量を決定するのが最適運転スケジュールである。

【0014】図2の最適運転スケジューリングは、一般蒸気負荷L1、冷水負荷L2、温水負荷L3及び一般電力負荷L4に対して、(1)式のコスト関数を最小にするガス入力であるコジェネレータ入力12、同じくガス入力である補助ボイラ入力11及び買電入力13の大きさを(2)～(4)式の制約条件下で求める。

【0015】

【0016】図4は、図1の最適解計算部13における運転量の最適解法フローチャートである。まず、ステップS42において、初期解設定部11により運転量の初期解X(0)が与えられ、ステップS43で、X(i)(iは正の整数)のときの各構成機器の効率を運転量-効率特性曲線に基づき算出する。従って、最初は、i=0の初期解X(0)の機器効率が算出されることになる。次に、ステップS44において、iをi+1とする。次にステップS45において、負荷及びステップS43で求めた機器効率をもとに運転量の最適解を線形計画法等により求め、その値をX(i)とする。従つ

て、最初は、負荷と、 $X(0)$ のときの機器効率をもとに最適解 $X(1)$ が求められることになる。次に、ステップS46において、仮定した運転量の解 $X(i-1)$ とステップS45で計算した $X(i)$ が等しいかどうかを判断する。等しい場合には、ステップS47において、最適解を $X(i)$ としてプラントに出力する。等しくない場合は、ステップS43に戻り、ステップS45で求めた $X(i)$ を初期解として、最適解と一致するまで、ステップS43からステップ46までを繰り返し行う。

【0017】従って、本実施例では、最適解を求める計算が膨大な量となることを防止するため、最終的に得られる最適解に近い値を初期解として与えるものである。

【0018】図5は、図1における負荷／最適解対応テーブル12の記憶内容を示す図である。負荷／最適解対応テーブル12には、予めオフラインで負荷に対する最適解を時間をかけて行った結果を、負荷と最適解の対応として記憶されている。図5において、例えば、データ番号*i*=2のときの負荷と最適解の対応は、負荷、すなわち一般蒸気負荷、冷水負荷、温水負荷、一般電力負荷の状態がL(2, 1)、L(2, 2)、L(2, 3)、L(2, 4)のときの最適解は、コジェネレータ入力がXX(2, 1)、補助ボイラ入力がXX(2, 2)、買

$$\min_i \sum_{j=1}^n |L(i, j) - CL(j)| \quad (5)$$

第2の方法は、負荷の差の二乗の和が最小になるものを最も近似する負荷として選択する方法である。すなわち、次の(6)式を満足する*i*を負荷として選択する方

$$\min_i \sum_{j=1}^n (L(i, j) - CL(j))^2 \quad (6)$$

第3の方法は、負荷の差が最大となったときの差の大きさが、最も小さいものを最も近似する負荷として選択する方法である。すなわち、次の(7)式を満足する*i*を

$$\min_i \max_j |L(i, j) - CL(j)| \quad (7)$$

このような負荷を選択する方法により、最も近似する負荷を選択して、該負荷に対応する最適解を初期解として設定する。

【0025】その後、設定された最適解に近い初期解は、前述したように、最適解計算部13において最終的な最適解を求める計算がなされ、プラントに出力され、プラントの最適運転スケジューリングがなされることになる。

【0026】次に、図1における初期解設定部11と負荷／最終解対応テーブル12をニューラルネットワークで構成する実施例について説明する。

【0027】図6は、本発明の一実施例であるニューラルネットワークを用いたプラントの最適運転スケジューリング装置の概要構成ブロック図である。図6の最適運

電入力がXX(2, 3)の値のときとなる。

【0019】図1における初期値設定部11は、オンラインで最適運転スケジュールを求める必要が生じた場合に、そのときの予測負荷15に対して、該予測負荷とともに、負荷／最適解対応テーブル12から最も近似した負荷データを探し、該負荷に対する最適解を探り出す。その後、初期値設定部11は、探し出した前記最適解を初期解として設定する。

【0020】なお、初期値設定部11が、負荷／最適解適応テーブルから最も近似する負荷を検索する方法としては、次のようなものがある。但し、記号の意味は次に示す通りである。

【0021】*i* : 負荷／最適解対応テーブル上のデータ番号

j : 負荷の種類

L(i, j) : データ番号が*i*、負荷の種類が*j*の負荷／最適解対応テーブル上の負荷の値

CL(j) : 負荷が*j*の予測負荷の値

第1の方法は、負荷の差の絶対値の和が最小になるものを最も近似する負荷として選択する方法である。すなわち、次の(5)式を満足する*i*を負荷として選択する方法である。

【0022】

法である。

【0023】

負荷として選択する方法である。

【0024】

転スケジューリング装置は、図1の初期解設定部11と負荷／最適解対応テーブル12をニューラルネットワークで構成された初期解設定ニューラルネット部N1で置き換えたものである。図6の装置は、予めニューラルネットワークの学習を行う学習部67と実際のプラントの最適スケジューリングを行う実用部68に大きく分けることができる。

【0028】図7は、図6における初期解設定ニューラルネット部N1の構成を示す図である。図7において、予測負荷の負荷パターンが、学習された初期解設定ニューラルネット部の入力ノードに入力されると、中間ノードを介して出力ノードから最適解が出力される。

【0029】図8は、図6の学習部67の詳細構成ブロック図である。図8の学習部は、学習のデータベースで

ある負荷／最適解対応データ85、ニューラルネットワークの各ノードの持つ値を一時的に保持するノード状態記憶器83、各ノード間を結ぶアーケに付けられた荷重値を保持する荷重値記憶器84、各入力ノードや中間ノードから出力データにそれぞれ対応する荷重値記憶器に記憶された荷重値を乗じて積算を行う積算器81、中間ノードや出力ノードに集結される積算結果を加算する加算器82、学習時にネットワークの出力値と学習の正解値として与えるデータを比較して一致しているか否かを評価する評価器87、評価器87において出力値が正解値と異なる場合に、以後の計算で正解を得るような方向性を持って荷重値記憶器84に記憶されている荷重値を修正する荷重値修正器86から構成される。

【0030】次に、初期解設定ニューラルネット部N1の学習手順について説明する。図9は、初期値設定ニューラルネット部の学習フローチャートである。

【0031】まず、負荷／最適解対応データ85から負荷データと最適解データを抽出し(S92)、負荷データをノード状態記憶器83の入力ノードに該当する部分に、最適解データを評価器87に与える(S93)。次に、ニューラルネットワークの入力ノードから中間ノードを介して出力ノードに至るまでの各ノードに対して、ノード間に付けられた荷重値を用いて積算・加算していく(S94)。次に、出力ノードの値が得られたならば、評価器87で最初に与えられた最適解と前記出力ノードの値を比較し(S95)、両者が一致していないければ、荷重値修正器86を起動させて荷重値記憶器84に記憶されている荷重値を、以後の計算で正解が得られるような方向性を持って修正する(S96)。学習すべき負荷データと最適解データの対を一通り学習したならば、2回目の学習を同様にして行う。このようにして、全てのデータ対について正解のデータが得られるようになるまで、あるいは、所定回数の荷重値修正が終わるまで、学習を繰り返す(S97)。

【0032】このようにして、学習が終了した初期解設定ニューラルネット部は、実用部の初期解設定ニューラルネット部として動作し、予測負荷が入力されると、即座に、最適解に近い初期解が出力される。該初期解は、前述したように、最適解計算部63において、最終的な最適解を求める計算が短時間でなされ、プラントに出力され、プラントの最適運転スケジューリングがなされることになる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、予測負荷及び任意の初期解から各構成機器の最適解を計算する最適解計算手段を具備したプラントの最適運転スケジューリング装置において、所定の負荷に対する前記各構成機器の最適運転状態を記憶した最適運転状態記憶手段と、予測負荷を基に前記最適運転状態記憶手段から前記各構成機器の運転出力値を検索し、該運転出力値を前記

最適解計算手段の初期解として設定することにより、最適解の計算時間が短縮されるため、負荷の予測の更新に応じた各構成機器の最適運転が迅速に行え、プラントの効率的運用ができる利点を有する。

【0034】また、初期解設定をニューラルネットワークを用いると、初期解の検索を行う必要がないので、迅速な初期解の設定をすることができるため、最適解計算手段の迅速な最適解算出を含め、さらに、プラントの効率的運用ができる利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による一実施例であるプラントの最適運転スケジューリング装置の概要構成ブロック図。

【図2】プラントの一例としての都市の集中冷暖房プラントの構成ブロック図。

【図3】図2のプラントの各負荷の需要予測を示す図。

【図4】図1の最適解計算部における運転量の最適解法フローチャート。

【図5】図1における負荷／最適解対応テーブルの記憶内容を示す図。

【図6】本発明の一実施例であるニューラルネットワークを用いたプラントの最適運転スケジューリング装置の概要構成ブロック図。

【図7】図6における初期解設定ニューラルネット部の構成を示す図。

【図8】図6の学習部の詳細構成ブロック図。

【図9】図6における初期値設定ニューラルネット部の学習フローチャート。

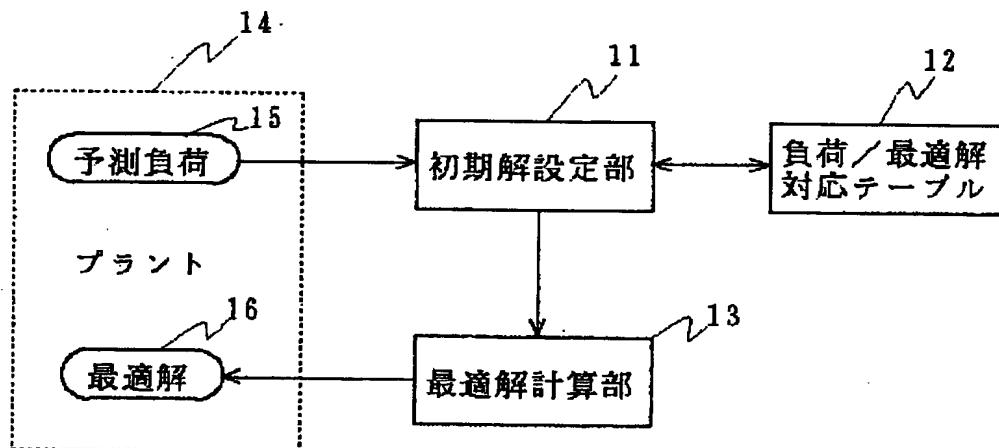
【図10】従来のプラントの最適運転スケジューリング装置の構成ブロック図。

【符号の説明】

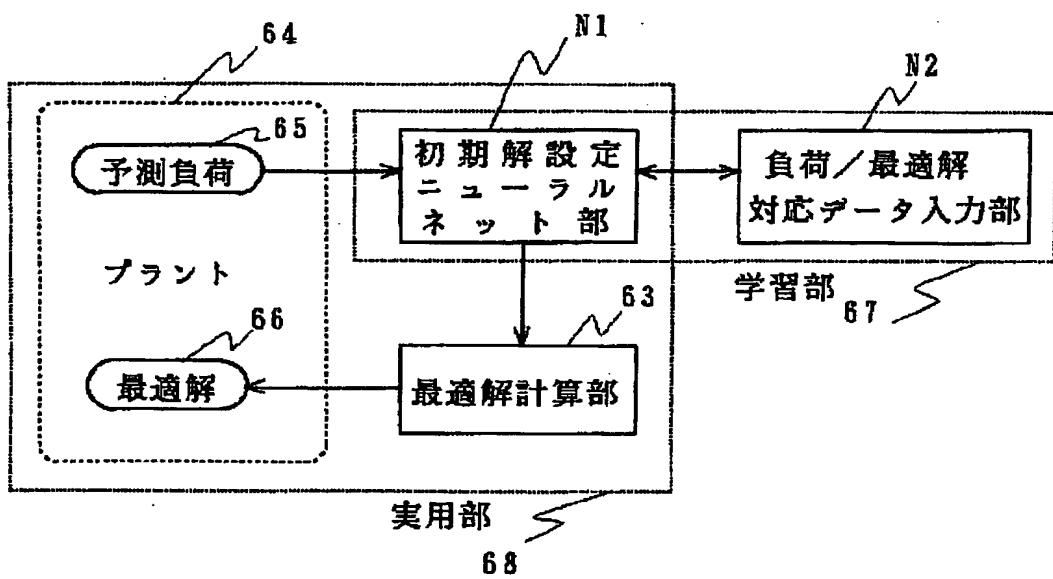
1 1, 9 1	初期解設定部
1 2	負荷／最適解対応テーブル
1 3, 6 3, 9 3	最適解計算部
1 4, 6 4, 9 4	プラント
1 5, 6 5, 9 5	予測負荷
1 6, 6 6, 9 6	最適解
I 1	ガス入力
I 2	ガス入力
I 3	買電入力
2 0	コジェネレータ
2 1	排熱回収ボイラ
2 2	補助ボイラ
2 3	吸収冷凍機
2 4	ターボ冷凍機
2 5	ヒートポンプ
L 1	一般蒸気負荷
L 2	冷水負荷
L 3	温水負荷
L 4	一般電力負荷
N 1	初期解設定ニューラルネット部

N 2 負荷／最適解対応データ入力部	8 3 ノード状態記憶器
6 7 学習部	8 4 荷重値記憶器
6 8 実用部	8 5 負荷／最適解対応データ
8 1 積算器	8 6 荷重値修正器
8 2 加算器	8 7 評価器

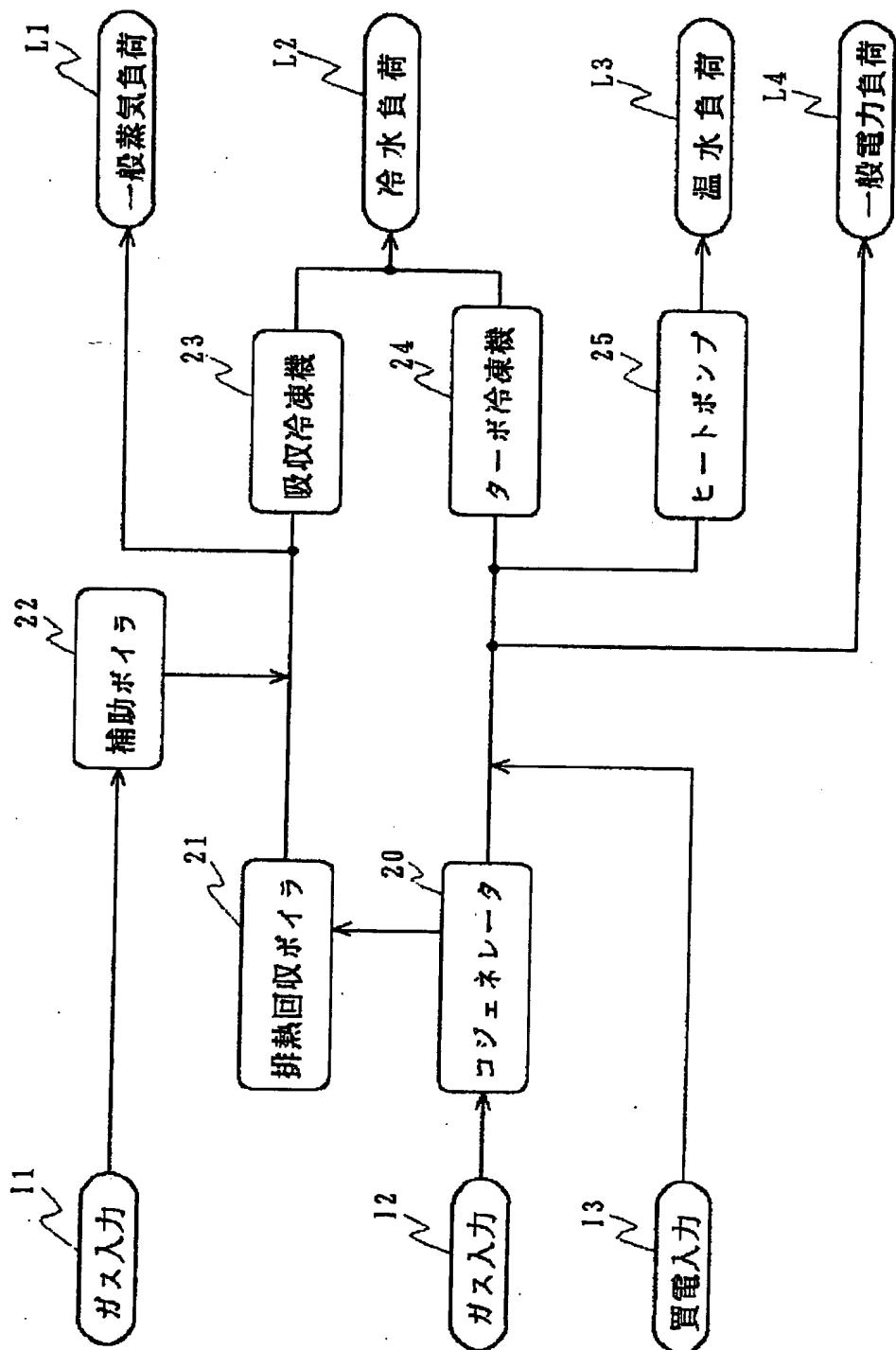
【図 1】



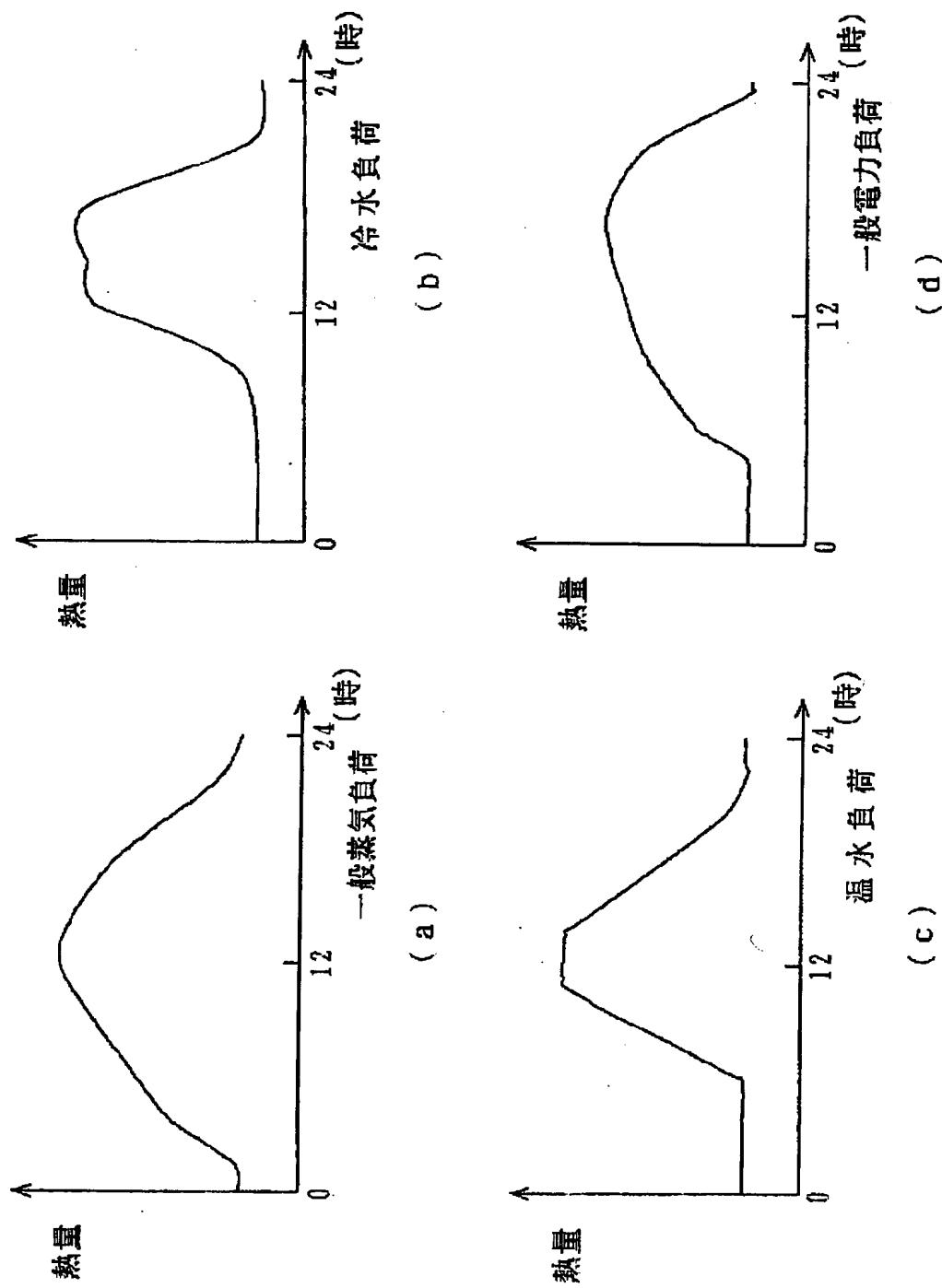
【図 6】



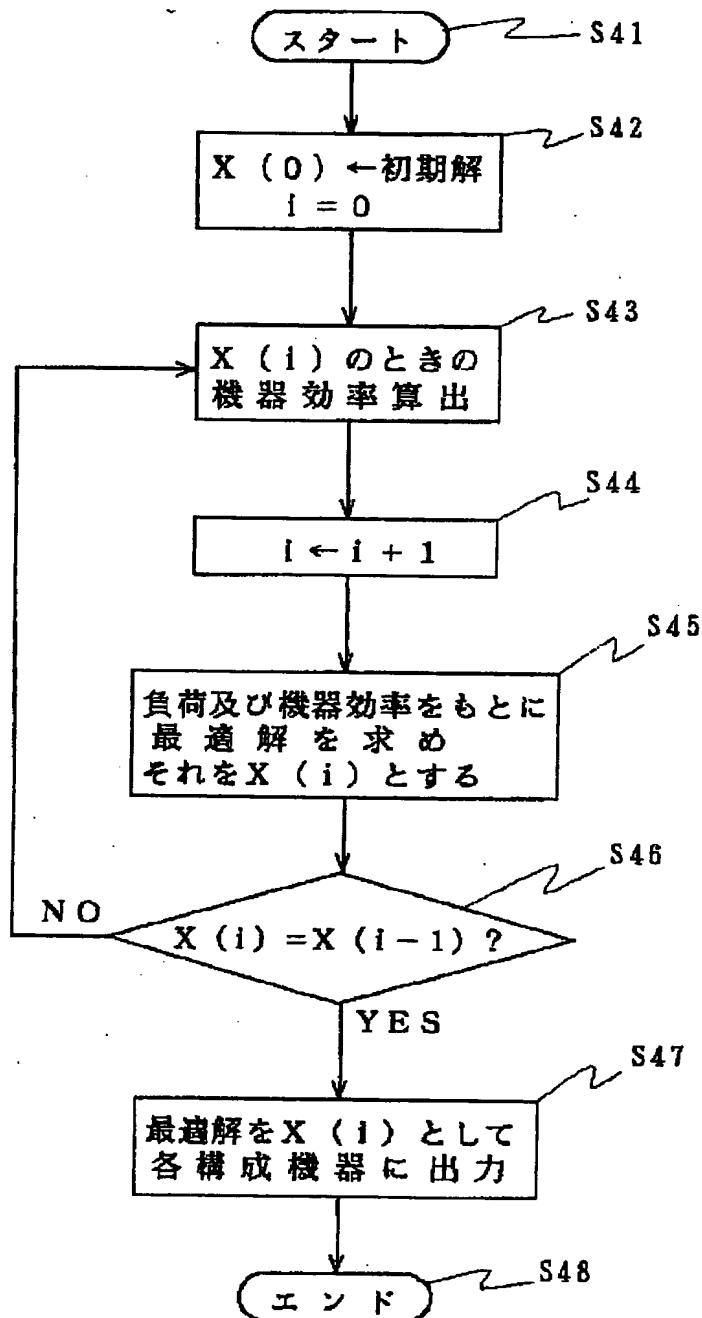
【図2】



【図3】



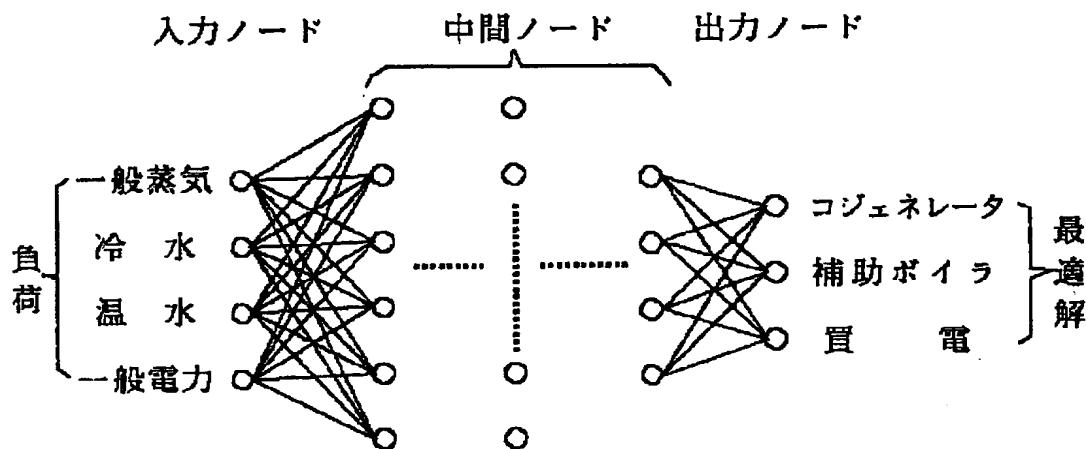
【図4】



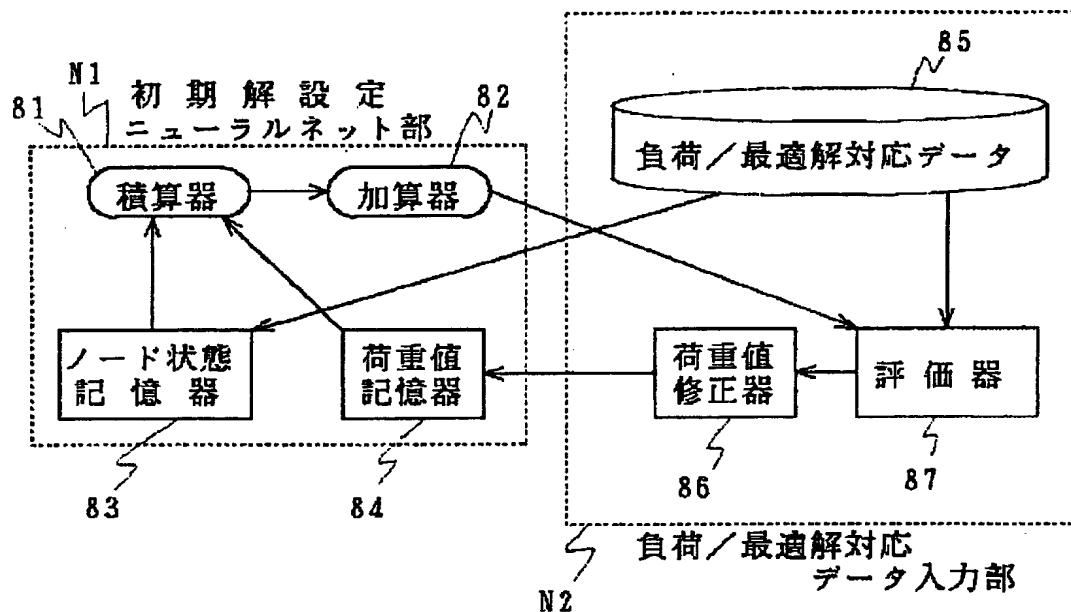
【図5】

負荷及び 最適解 データ番号	負荷				量道解			
	一般蒸気	冷 水	温 水	一般電力	コジエネ レータ	補助ボイラ	買電	
j=1	j=2	j=3	j=4	k=1	k=2	k=3		
i=1	L (1,1)	L (1,2)	L (1,3)	L (1,4)	II (1,1)	II (1,2)	II (1,3)	
i=2	L (2,1)	L (2,2)	L (2,3)	L (2,4)	II (2,1)	II (2,2)	II (2,3)	
i=3	L (3,1)	L (3,2)	L (3,3)	L (3,4)	II (3,1)	II (3,2)	II (3,3)	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
					L (1,j)	II (1,k)		

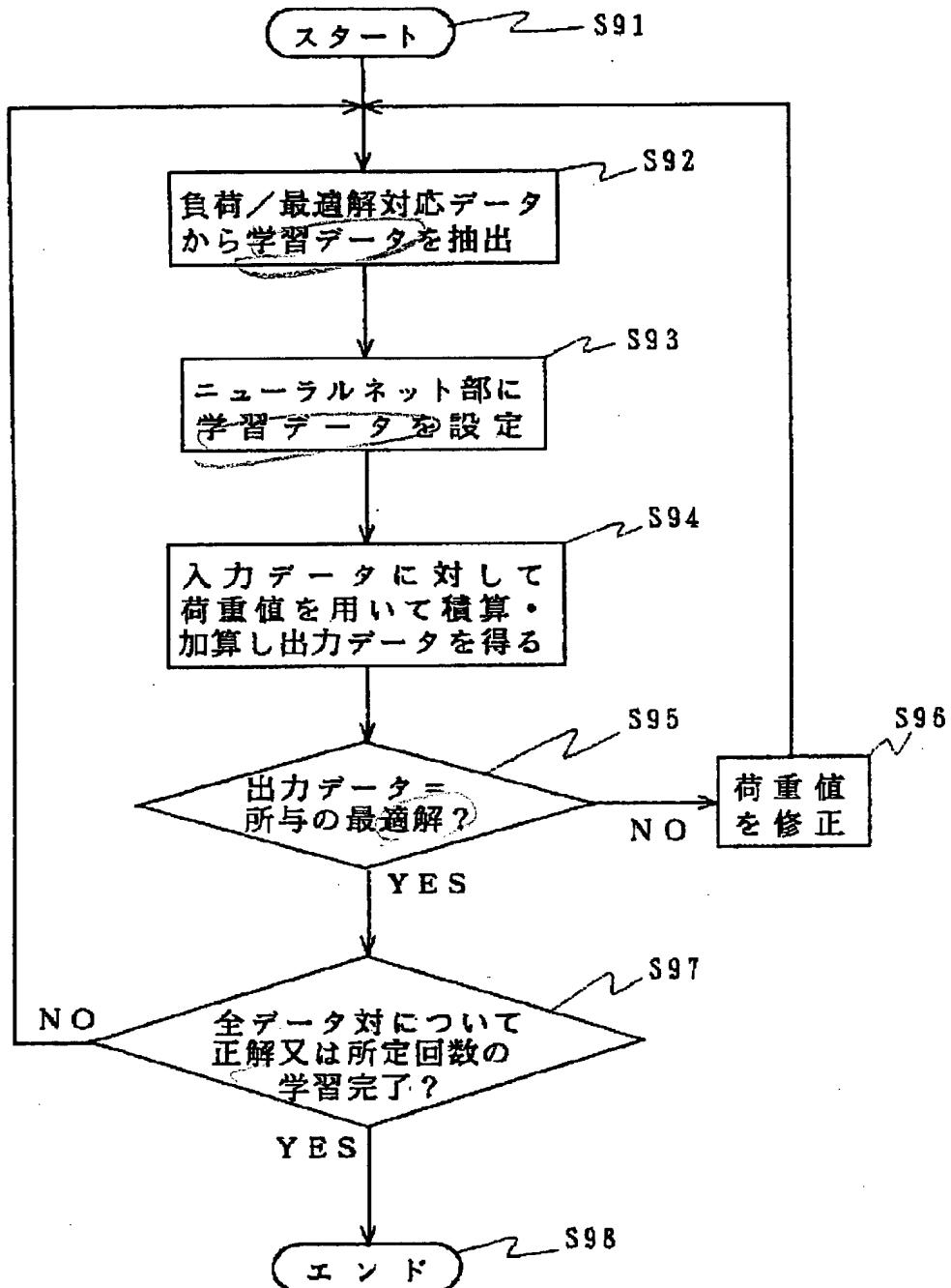
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

